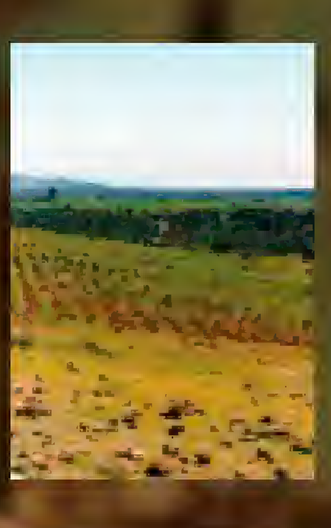




CARTOGRAFÍA DE TIERRAS CAMPESINAS PÁG: 2



FUNCIONES ECOHIDROLÓGICAS DEL SUELO PÁG: 10



NÚM. 105 NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 2012 ISSN: 1870-1760

BioDIVERSITAS

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

LOS SUELOS Y SU DIVERSIDAD

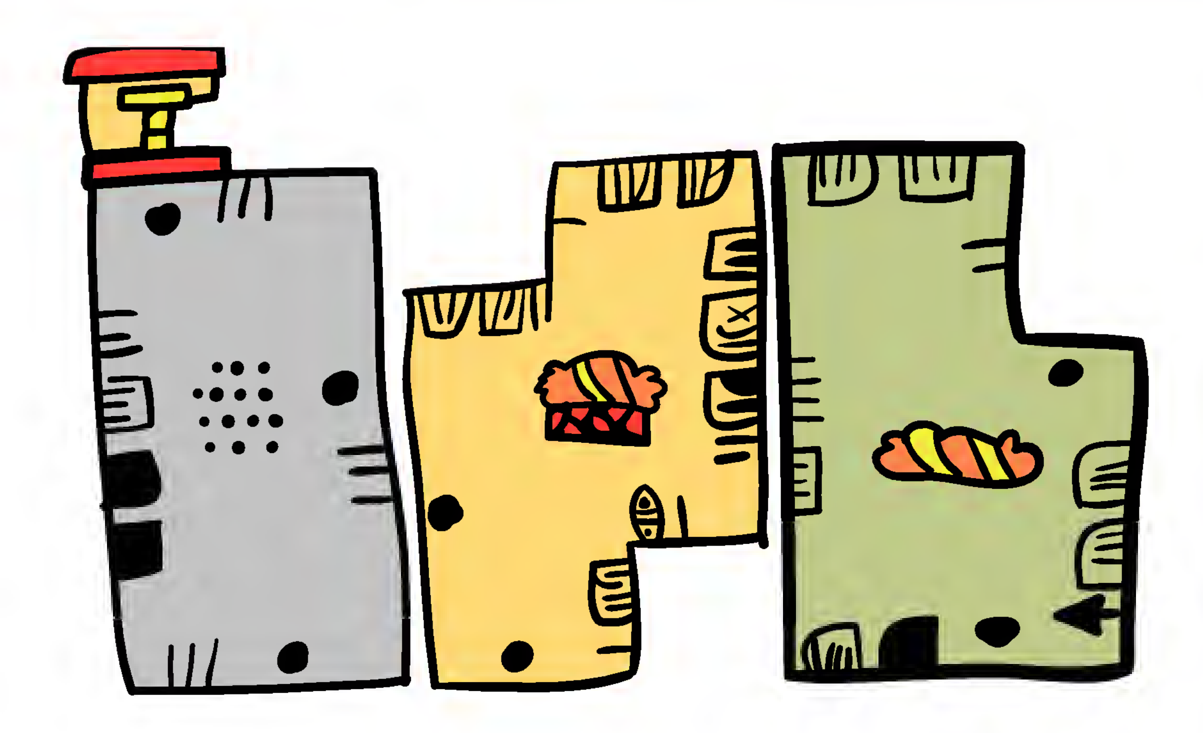
El agua de la lluvia y de la neblina es interceptada por la vegetación y ésta ayuda a captarla, reducir su fuerza y permitir que fluya despacio entre la hojarasca; filtrándose a tráves del suelo para seguir fluyendo bajo la superficie. En los suelos, la riqueza de la vida medida en biomasa o en diversidad de especies es tanto o más importante que la que se halla en la superficie de bosques, selvas y matorrales de diversos tipos. Bajo nuestros pies hay un mundo por conocer, valorar y conservar. En las comunidades rurales de nuestro país los campesinos conocen sus tierras y, junto con especialistas del suelo, están haciendo mapas de clases de tierras basados en una mezcla respetuosa entre el conocimiento local y las herramientas de la ciencia. Los suelos son un patrimonio histórico y biológico, a la vez que un recurso natural no renovable que sustenta la producción agrícola, ganadera y forestal. A nivel de los ecosistemas y la biosfera, los suelos son uno de los principales espacios en los que se regulan ciclos hidrológicos y atmosféricos. Sirvan estas imágenes y reflexiones para que apreciemos mejor los suelos que pisamos.

—Los editores.



Cartografía DE TIERRAS CAMPESINAS

CARLOS A. ORTIZ SOLORIO*



Parcelas en el *Códice Vergara* que incluyen valores perimetrales y al centro el glifo de cada clase de tierra.

Luego de estudiar por varios años el conocimiento campesino sobre tierras surgió el interés de generar mapas de las clases de tierras campesinas estableciendo su ubicación geográfica, extensión y problemática productiva. Documentos excepcionales como los Códices de Vergara y de Santa María Asunción del siglo xvi y originarios de Tepetlaoztoc, al noreste de Texcoco —donde se muestran las tierras pertenecientes a individuos de diferentes familias e incluyen la representación pictórica de los tipos de tierra dentro de cada parcela—[1] son evidencia de una tradición cartográfica desde épocas prehispánicas por lo que se creyó que con relativa facilidad se podría concretar el objetivo de elaborar mapas de tierras campesinas.

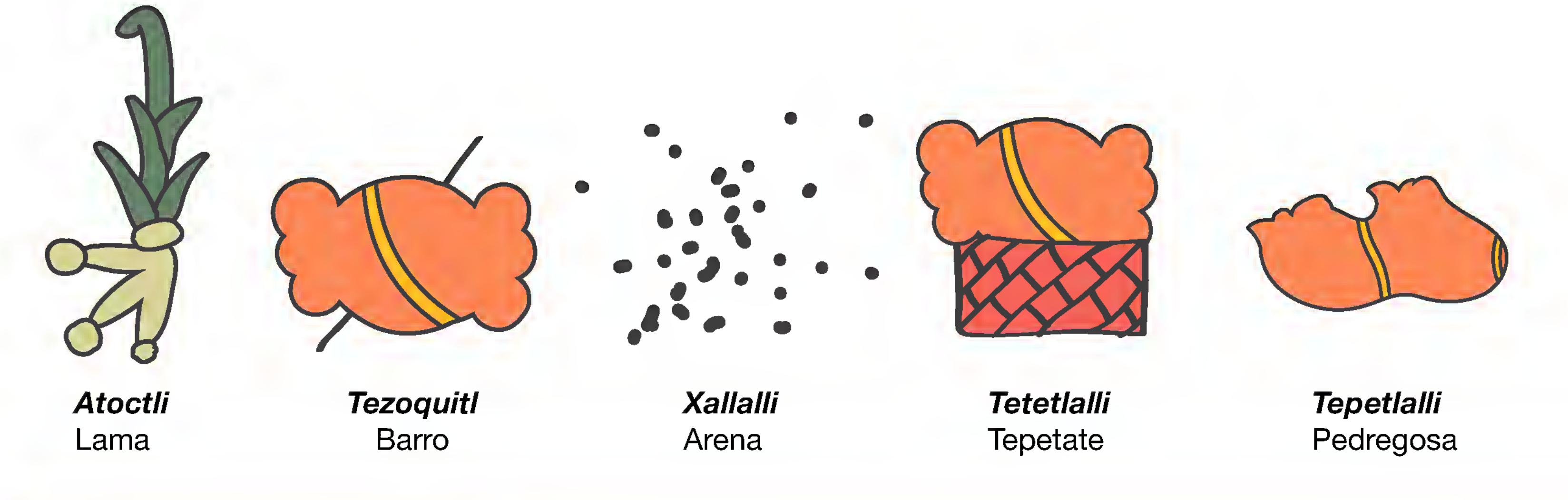
En nuestro primer trabajo[2] preguntamos a productores de diferentes regiones del país si poseían conocimientos cartográficos o sobre códices y su respuesta consistente fue manifestar su desconocimiento de ambos. Si eso se analiza en forma trivial se podría concluir que no tienen un conocimiento cartográfico de los suelos. Sin embargo, profundizando se detecta que en los ejidos hay productores familiarizados con todas las clases de tierras de su territorio. Entonces el panorama cambia y comprobamos que los productores sí poseen conocimientos cartográficos, pero que su cartografía no se formaliza en dos dimensiones sino que tienen conceptos precisos sobre las distintas clases de tierras: su conocimiento no es formal sino conceptual. Es decir, saben con precisión dónde están las diferentes clases de tierras, pero no elaboran mapas.

Durante más de 15 años estudiamos a fondo el ejido de Atenco como área piloto: se realizaron bocetos de mapas de clases de tierras con la información de los productores y el conocimiento adquirido durante años de investigación; también se describieron sitios y perfiles de suelos que mostraron claras diferencias entre las clases de tierras campesinas al analizarlas desde el punto de vista técnico. Así, comenzamos a dar mayor peso a los paisajes y a la capa arable, como lo hace el productor; aprendimos a detectar las manchas de sales de las tierras salinas, la peculiar agregación superficial en las tierras arcillosas, llamadas *cacahuatudas*; y la coloración de las tierras blancas y de barro, entre otras características.

Por nuestra formación técnica y conscientes del objetivo perseguido, se empezaron a coordinar los dos conocimientos, ya que resultaba necesario un mapa base para trazar los linderos de las distintas clases de tierras, que además permitiera a cualquier persona ubicarse en forma precisa sobre el terreno.

Portada: Hojarasca y suelo de un encinar, San Nicolás Totolapan, D.F.

Foto: © Iván Montes de Oca



Glifos de clases de tierras y su significado. En particular, el *atoctli* es una clase de tierra cuyo glifo tiene como elementos *atl* –agua– y *toctli* –planta de maíz–: buenos suelos, con lama, para cultivar maíz.

Fuente de ilustraciones: Williams y Harvey, 1988.

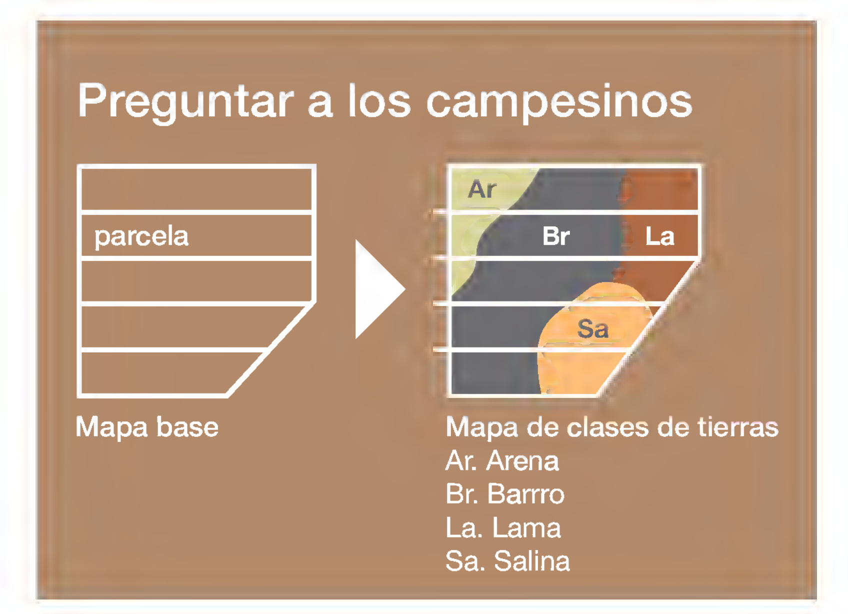
No era posible obtener esta cartografía a partir del conocimiento local: había que recurrir a información técnica.

Primero se seleccionaron como mapas-base los planos parcelarios que disponían los ejidos. Sin embargo, se detectaron problemas, como cambios en la distribución parcelaria, que requerían una actualización. En otros casos, no fue posible contar con ese material y se sustituyó con planos topográficos, fotografías aéreas o imágenes de satélite. Las últimas están disponibles en internet para todo el país.

Se reconoció que el conocimiento nativo sobre clases de tierras podía sustituir al *trabajo de campo* de los levantamientos de suelos, con lo cual, en lugar de emplear las técnicas para conocer las clases, su patrón de distribución, comprobar linderos y seleccionar sitios representativos, el técnico sólo necesitaba *preguntar* al productor sobre ellos.

La realización de este tipo de estudios requirió de técnicos con una nueva mentalidad, que les permitiera, primero, aprender del productor y que durante la generación del mapa preguntaran de manera sistemática dos cuestiones: ¿dónde cambia la clase de tierra? y ¿cómo se diferencia esa clase de sus vecinas?

También es importante entender que los informantes se dividen en dos grupos, uno para la *cartografía* de las clases de tierras y otro para su *caracterización*, es decir, su problemática, técnicas de manejo e incluso alternativas para su mejoramiento. La experiencia demostró que el primer grupo puede integrarse con dos o tres personas, que conozcan toda el área. Los mejores resultados se han obtenido con los miembros de los comisariados ejidales en funciones o los anteriores. Para el segundo grupo, se requiere un número mayor y preferiblemente de aquellos que posean la clase de tierra que se está caracterizando.



Procedimiento cartográfico en el que se toman como base los planos parcelarios, luego se camina y se pregunta a los informantes para identificar los límites entre diferentes clases de tierras y reconocer el conocimiento campesino en forma de mapa de clases de tierras.

Fuente: Ortiz, Pájaro y Ordaz, 1990.

La metodología resultó sencilla porque con el plano parcelario en mano, el técnico recorre a pie el ejido, parcela por parcela, en compañía de los informantes, preguntando por las diferentes clases y delimitando sus áreas de influencia.

Si el técnico contempla este procedimiento como un proceso de aprendizaje, pronto entenderá los criterios de diferenciación de clases de tierras, así como su reconocimiento en campo. Por ejemplo, por ambiguo que parezca, el reconocer en el ejido de Atenco las tierras cacahuatudas por el sonido que se produce al pisar los terrones recuerda cuando partimos un cacahuate seco, y saber que pasamos a otra clase al



Primer mapa de clases de tierras campesinas, Ejido de San Salvador Atenco, Estado de México.

Fuente: Pájaro y Ortiz, 1987.



Estados de la República y Distrito Federal donde se han realizado mapas de clases de tierras en más de 40 ejidos.

dejar de escuchar ese sonido característico, es una experiencia fascinante.

Para los levantamientos detallados, las escalas de publicación son mayores de 1:25000, las que han resultado insuficientes para representar a las clases de tierras campesinas, es decir, a pesar de que el productor posee un conocimiento minucioso de sus tierras, los técnicos los subestiman. Igualmente es necesario enfatizar que la intención de la cartografía es establecer un marco de referencia geográfico común a los intereses de productores y técnicos, y que a partir de ese marco, el productor plantee sus inquietudes y el técnico aplique sus conocimientos para responder a ellas.

El primer mapa de clases de tierras fue elaborado a finales de la década de 1980[3] y de entonces a la fecha se han realizado mapas en más de 40 ejidos, distribuidos dentro de 16 estados en el país. Las primeras experiencias mostraron que se podían hacer mapas en forma rápida, que eran más económicos y que no se necesitaba personal especializado, requisitos indispensables para realizar un levantamiento de suelos. Sin embargo, a pesar de estas cualidades era obligatorio demostrar cuantitativamente la calidad de los mapas de clases de tierras.

Se llevó entonces a cabo un estudio con el fin de evaluar la calidad de tres diferentes mapas de suelos.[4] Se seleccionaron un levantamiento de suelos del Colegio de Postgraduados;[5] una carta edafológica del inegi[6] y el mapa de clases de tierras de Pájaro y Ortiz.[3] Se consideraron como criterios de calidad la precisión y la exactitud.[7] La *precisión* es el grado de dispersión que presentan las denominaciones de suelos dentro de una unidad cartográfica[8] y la *exactitud* del mapa depende de la correcta ubicación de sus linderos. Se concluyó que el mejor mapa era el de clases de tierras, con una precisión de 76% y una exactitud de 94%, mientras que los mapas elaborados por el Colegio de Postgraduados e inegi tuvieron valores de 5 a 10 veces más bajos. La alta calidad de los mapas de clases en el ámbito parcelario refuerza su equivalencia con los levantamientos detallados de suelos. No obstante, dichos trabajos, al realizarse sólo en ejidos, limitaban la transferencia de conocimientos y de tecnología a grandes extensiones. Vale la pena mencionar, por ejemplo, que el mapa de tierras de mayor extensión que se ha realizado a nivel ejidal es el de Sánchez *et al.*,[9] en el sur de Veracruz y que cubre 48 mil hectáreas.

En el Valle de México se exploró otra alternativa que mostró que con el uso de la fotointerpretación era posible realizar mapas a nivel regional, ya que cada una de las clases de tierras tiene una ubicación física y por lo tanto expresa sus rasgos sobre fotografías aéreas.[10] El método usado fue el inductivo: para cada clase delimitada con el procedimiento ejidal se transfirieron los linderos a fotografías aéreas para producir patrones fotográficos, los cuales se emplearon para establecer una clave de fotointerpretación útil en la generalización cartográfica. Este trabajo, pionero en su tipo, indica que al transferir los linderos de las tierras sobre fotografías aéreas 50% de las clases presentaba patrones observables a simple vista y el 50% restante requirió una fotointerpretación detallada para reconocer sus patrones y linderos. Este procedimiento se ha repetido en Veracruz y en Zacatecas obteniendo resultados igualmente satisfactorios. Entre los procedimientos más modernos está aplicar métodos para la cartografía digital de clases de tierras con buenos resultados hasta ahora y que necesitan ser simplificados para su difusión masiva.[11]

La gran enseñanza que ha proporcionado este tipo de investigación es que no sólo se pueden elaborar mapas de buena calidad, sino que se puede ir más allá y crear un puente de comunicación entre técnicos y productores. Los productores, en esa aparente ignorancia, y con el temor y desconfianza que los caracteriza, desean ser tomados en cuenta y tienen la disposición de enseñarnos lo que saben y conocen de sus tierras, que es mucho. Por otra parte, los técnicos y científicos pueden abrir aún más esa puerta que conduce al mundo campesino que produce y continúa enfrentando numerosos problemas por investigar y resolver, no sólo desde la perspectiva de la ciencia aplicada sino también de la ciencia básica.





Recorridos de campo, parcela por parcela, con campesinos.

Paisaje que muestra diferentes clases de tierras: negras al fondo, coloradas en medio y pedregosas al frente.

Fotos: © C. A. Ortiz Solorio

Este proceso debe entenderse como una mezcla de conocimientos, similar al de un fenómeno físico en el cual los componentes no pierden sus propiedades. Es decir, que la estrategia más viable es la cooperación entre los conocimientos campesino y científico, más que la frecuente e infructuosa competencia entre ellos.

Bibliografía

[1] Williams, B.J. y Harvey, H.R. 1988. "Content, Provenience, and Significance of the Codex Vergara and the Codice de Santa María de Asunción", en *American Antiquity* 53: 337-351.

[2] Williams, B.J. y Ortiz, C.A. 1981. "Middle American Folk Soil Taxonomy", en *Annals Association of American Geographers* 71(3): 335-358.

[3] Pájaro, H.D. y Ortiz S., C.A. 1987. *El levantamiento de suelos y su relación con la clasificación y cartografía de las clases de tierras campesinas*. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. (Mimeo.)
Ortiz S., C.A., Pájaro H., D. y Ordaz Ch., V.M. 1990. *Manual para la Cartografía de Clases de Tierras Campesinas. Cuaderno de Edafología* 15. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

[4] Lleverino, G.E. 1999. *La calidad de los mapas de suelos en el ejido de Atenco, Estado de México*. Tesis de Maestría en Ciencias. Especialidad de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México.

[5] Cachón A., L.E., Nery G., H. y Cuanalo de la Cerda, H.E. 1974. *Los suelos del área de influencia de Chapingo*. Rama de Suelos, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

[6] inegi. 1982. Carta edafológica de Texcoco, Estado de México. Texcoco E14B21. Escala 1:50000. México, Dirección General de Geografía/Secretaría de Programación y Presupuesto.

[7] Arnold, R.W. 1996. "Soil Survey Reliability: Minimizing the Consumer's Risk", en W.D. Nettleton, A.G. Hornsby, R.B. Brown y T.L. Coleman (eds.). *Data Reliability and Risk Assessment in Soil Interpretations*. Proceedings of Symposium at the Soil Science Society of America Annual Meeting. Cincinnati, Ohio, pp. 13-20.

[8] Brown, R.B. 1988. "Concerning the Quality of Soil Survey", en *Journal of Soil Water Conservation* 43: 452-455.

[9] Sánchez, G.P., Ortiz Solorio, C.A., Gutiérrez Castorena, Ma. del C. y Gómez Díaz, J.D. 2002. "La clasificación campesina de tierras y su relación con la producción de caña de azúcar en el Sur de Veracruz", en *Terra Latinoamericana* 20(4): 359-369.

[10] Licona, V.A., Ortiz S., C.A. y Pájaro, D. 1993. "El uso de la fotointerpretación en la cartografía de clases de tierras campesinas", en *Revista de Geografía Agrícola* 18: 85-93.

[11] Cruz Cárdenas, G., Ortiz Solorio, C.A., Ojeda Trejo, E., Martínez Montoya, J.F., Sotelo Ruiz, E.D. y Licona Vargas, A.L. 2010. "Digital Mapping of Farmland Class in Three Landscape in Mexico", en *Journal* of *Soil Science* and *Plant Nutrition* 10(4): 414-427.

* Profesor Investigador del Colegio de Postgraduados.
ortiz@colpos.mx



BAJO TUS PIES
La vida en el suelo

SIMONETA NEGRETE-YANKELEVICH[1] E ISABELLE BAROIS BOULLARD[1]



Los ciempiés o quilópodos viven y comen en la superficie del suelo y son predadores de fauna menor. Fragmentan la hojarasca y los restos de pequeños animales, lo que promueve su descomposición, favorece la fertilidad del suelo y la productividad del sistema.

Fotos: © Victor Hugo Luja

Si te pidiéramos que pienses en la biodiversidad, ¿imaginarías bonitos bosques, plantas floridas y animales que corren y vuelan libres? ¿Visualizarías la vida bajo tus pies? Es probable que no y entonces se te pasó considerar la mayor parte del peso de los organismos que habitan el planeta y de la diversidad de especies que aún faltan por describir. ¡Hay más especies de ácaros que de plantas y más especies de hongos del suelo que de animales sobre él! Si son tantos y tan abundantes ¿por qué sabemos poco sobre ellos?

Debido a que el suelo es un medio opaco y compacto es difícil conocerlo, en particular a los organismos microscópicos. Apenas vamos conociendo las raíces de las plantas cuya biomasa puede ser mayor a la de su parte visible. En cuanto a la fauna, tenemos a los vertebrados que hacen madrigueras, ratones y perritos de la pradera, pero aquí nos concentraremos en la multitud de organismos pequeños que, por su tamaño, hemos ordenado en macrofauna (de 20 a 2 cm de longitud) que incluye arañas, cochinillas, ciempiés, milpiés y lombrices; mesofauna (de 2 cm a 0.2 mm) que cuenta con ácaros, colémbolos, hormigas y nemátodos; y la microfauna (menor a 0.2 mm) que está constituida por nemátodos más pequeños y protozoarios. Finalmente, entre los microorganismos tenemos bacterias y distintos grupos de hongos.

Te imaginarás que no es fácil encontrar ni digerir alimentos en este medio oscuro y difícil de transitar. Para sobrevivir, los organismos del suelo han desarrollado complejas estrategias de alimentación y movimiento. Una de ellas son las asociaciones de mutuo beneficio entre macro y microorganismos que ocurren en sitios de intensa actividad como la hojarasca, la superficie de las raíces, los hormigueros y las galerías que hacen las lombrices. Entre las asociaciones bien conocidas están los nódulos de bacterias fijadoras de nitrógeno y los hongos micorrízicos pegados a las raíces de las plantas, en las que por lo general un organismo provee de azúcares a otro –en forma de exudados de las raíces o mocos intestinales y cutáneos–, que a su vez aporta nutrientes como fósforo y nitrógeno. Otras relaciones menos conocidas se presentan cuando bacterias del suelo son ingeridas por lombrices en cuyo intestino digieren materia orgánica a cambio de obtener azúcares de la lombriz.

¿Para qué conocer mejor a organismos minúsculos, difíciles de ver y que parecen sacados de una película de terror? Bueno, atención merecen ya que se encargan de funciones tan vitales que sin ellas no habría vida en la tierra ni servicios indispensables para la humanidad como la fertilidad del suelo y los ciclos hidrológicos. Por ejemplo, las bacterias fijan el nitrógeno gaseoso que se encuentra en el aire en moléculas que sí pueden nutrir a las plantas. Las micorrizas se asocian a las raíces de 80% de las especies de plantas proveyéndolas de nutrientes que no están a su alcance. Entre otros, bacterias, hongos, lombrices, ciempiés y colémbolos trabajan para reciclar todo lo que muere en nutrientes disponibles otra vez para las plantas. ¿Te imaginas qué pasaría si hojas, animales o árboles muertos no se pudrieran? Pues se acumularía materia orgánica sobre la tierra, pero los nutrientes no regresarían al suelo. Otras actividades menos conocidas de los organismos del suelo, pero no por ello menos importantes, son la continua circulación y movimiento a través del suelo que lo mantiene esponjoso, suave y aireado: propiedades de un suelo sano, muy útil para nosotros. Los cultivos que nos nutren y que alimentan a los animales que comemos necesitan suelos suaves porque sus raíces no crecen ni respiran en suelos compactos y duros. Un suelo sano, con una comunidad de organismos adecuada, funciona como una esponja para el agua de lluvia

Panorama de datos de organismos del suelo disponibles en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (snib)

Tablas elaboradas por Claudia Aguilar, Fabiola González y Ariadna Marín, conabio.

	Familias	Géneros	Especies	Especies estimadas	Sitios	Registros
Animales						
Annelida/Lombrices	2	6	21	250	164	720
Oligochaeta						
Haplotaxida						
Arthropoda						
Collembola/Colémbolos	4	4	18	ND*	93	240
Entomobryomorpha						
Poduromorpha						
Insecta/Insectos						
Coleoptera/Escarabajos	20	260	1382	>5000	6814	61909
Hymenoptera/Hormigas	1	33	123	500	154	6044
Bacterias	5	6	9	ND*	8	162
Proteobacteria						
Alphaproteobacteria/Rhizobiales						
Betaproteobacteria/Burkholderiales						
Hongos	5	9	22	ND*	104	940
Glomeromycota						
Glomeromycetes						
Diversisporales, Glomerales						
Paraglomerales						
Animales						
Nemata/Nemátodos	45	105	3	ND*	106	1731
Adenophorea						
Araeolaimida, Chromadorida, Desmocolecida, Dorylaimida						
Enoplida, Monhysterida, Mononchida, Triplonchida						
Secernentea						
Aphelenchida, Diplogasterida, Rhabditida						
Arthropoda						
Arachnida						
Ácaros	107	209	290	ND*	115	11125
Mesostigmata						
Oribatida						
Prostigmata						
Chilopoda/Ciempiés	6	6	ND*	?	78	179
Geophilomorpha, Lithobiomorpha						
Scolopendromorpha, Scutigeromorpha						
Scolopendrida						
Diplopoda/Milpiés	18	9	42	600	103	380
Chordeumatida, Glomeridesmida						
Polydesmida, Polyzoniida						
Siphoniulida, Siphonophorida						
Spirobolida, Spirostreptida						
Stemmiulida						
Insecta/Insectos						
Isoptera/Termitas	3	12	13	150	70	6680

*ND: No disponible

Especies estimadas obtenidas de: *Biota edáfica en México*. Número especial 1 del *Acta Zoológica Mexicana*, 2001

En el snib se cuenta hoy con 108 700 registros de organismos que sabemos son importantes en los suelos; 80% de ellos corresponden a organismos que pasan toda o parte de su vida en el suelo. Los grupos mejor representados son escarabajos, hormigas, termitas y ácaros; tan sólo el 5% corresponde a lombrices, nemátodos, ciempiés, milpiés, colémbolos, bacterias y hongos. Aunque tenemos registradas cerca de 2 000 especies, esta cifra es un pálido reflejo de la riqueza de especies que se estima que existen en los suelos. Se tiene registro de 7 809 sitios de colecta en todo el país.

En el caso de lombrices, colémbolos, escarabajos y hormigas podemos ver en los mapas el alcance geográfico de la información disponible.

Los registros de lombrices provienen de zonas tropicales y del centro del país. Las especies registradas no llegan al 10% de las que se estima existen en México. Los colémbolos son típicos del suelo pero contamos con escasa información.

Los escarabajos cuentan con cerca de 7 000 sitios y más de 60 000 registros de colecta que pertenecen a más de 1 300 especies, más de 250 géneros y 20 familias. En las hormigas se aprecia trabajo específico en el sur de la Península de Yucatán. Aunque contemos con más de 120 especies registradas de estos insectos del suelo, es tan sólo un 20% del trabajo por realizar.

En el resto de los grupos los estudios son locales, por lo que no se incluye mapa. Respecto a bacterias, contamos con registros derivados de estudios locales: Cuatro Ciénegas, Coahuila, y la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, en Veracruz.

De las 7 familias de hongos formadores de micorrizas en el snib se reportan registros de cinco de ellas. La mayoría provienen de Los Tuxtlas.

Entre los nemátodos hay muchos registros de organismos que no han sido identificados a nivel de especie. Sin embargo, es importante valorar su riqueza a nivel de familias e incluso más arriba en la clasificación. Esta riqueza jerárquica nos habla de linajes profundos que se han diversificado en los suelos.

Los registros de ácaros provienen de Los Tuxtlas y Cozumel, Quintana Roo. Se reporta que son abundantes y tienen una alta riqueza de especies, géneros y familias. Los registros de ciempiés y milpiés son de colectas en Los Tuxtlas; su riqueza a nivel de familias y categorías superiores es impresionante: son linajes completos por estudiar.

Aunque las termitas son muy importantes para la dinámica de los suelos en el trópico, sólo contamos con registros de colectas intensivas en los municipios de Calakmul y Hopelchen en Campeche.

Fuentes principales de estudios locales: proyectos FS001, HJ028, EE005 y H287

Ilustraciones, excepto hormiga y hongo: © Manuel Alberto Rosado Luna



Escarabajo del estiércol, Calakmul, Campeche.

Foto: © Miguel Ángel Sicilia

que es absorbida en poros y canales creados por los organismos. En los suelos dañados, sin biota y compactados como aquellos que han sido pastoreados o cultivados sin descanso y cuidado, el agua escurre rápidamente por la superficie y no puede ser aprovechada por las plantas o los humanos.

Por si fuera poco, los organismos del suelo también ayudan a paliar los efectos nocivos de ciertas actividades humanas: constituyen una masa inmensurable que captura gran cantidad de carbono y que si se encuentra funcionando bien contribuye a mitigar los efectos de los gases invernadero producidos por las actividades humanas. Incluso hay bacterias y hongos que son capaces de limpiar suelos contaminados por metales pesados desechados en procesos industriales.

Juntos pero no tan revueltos: la organización espacial

Las poblaciones de los seres vivos suelen distribuirse de acuerdo con la presencia de condiciones adecuadas para su supervivencia, de sus enemigos naturales y de sus capacidades de movilidad y dispersión. Esto que es cierto para un ave o un ratón también ocurre de manera compleja en el suelo. Hablamos de organismos microscópicos y macroscópicos pues sus patrones de distribución ocurren en diferentes escalas. Por ejemplo, una especie de colémbolo puede habitar parches milimétricos asociados a pedacitos de animales u hojas muertas. A su vez, estos pequeños parches se distribuyen en otros más grandes asociados a la agregación de las hojas que tira un árbol bajo su copa y que son nutritivas para el colémbolo. Estos parches, a su vez, se agregan en parches más grandes que corresponden al bosque en que el árbol en cuestión es abundante y, finalmente, a la distribución del bosque conservado en una región. Esta compleja estructura espacial de las poblaciones de los organismos en el suelo permite formar comunidades con buena eficiencia funcional y capacidad de recuperarse ante ciertos disturbios.

Aunque parece que los organismos del suelo son resistentes al disturbio, poco sabemos de ellos en realidad. Las pocas evidencias que tenemos indican que las actividades humanas mellan su actividad y disminuyen los beneficios que nos proveen, esto precisamente porque se altera su organización espacial. Al estudiar los bosques mesófilos del norte de Oaxaca pudimos evaluar la recuperación de las especies luego de cien años de descanso después de la tala: todas las especies de árboles ya se habían restablecido, pero encontramos que la diversidad en el suelo era todavía 20% menor que la hallada en el bosque original. Además, en el bosque joven los organismos estaban distribuidos de manera uniforme, mientras que en los bosques con mayor tiempo de recuperación comenzaban a organizarse en parches.

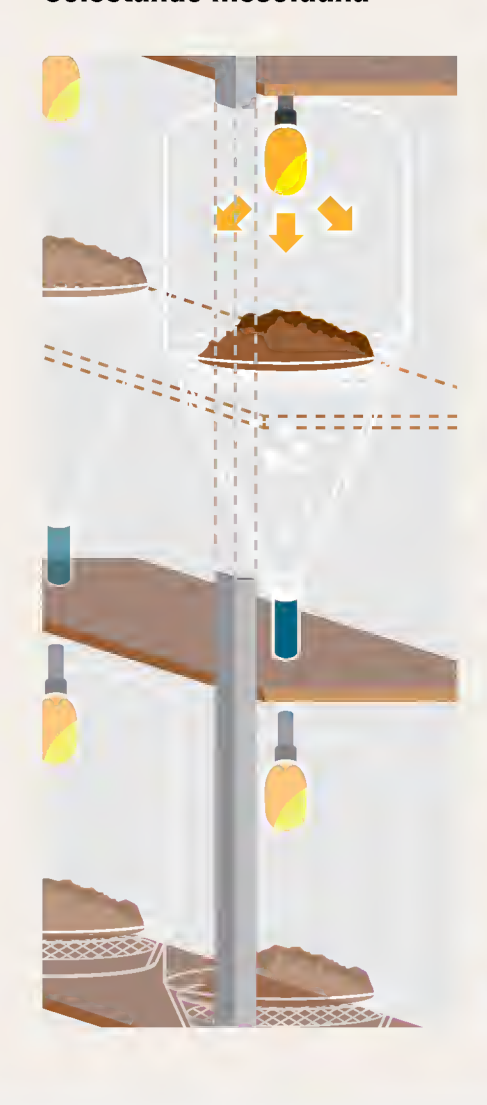
En los sistemas cultivados hemos empezado a entender que para los organismos del suelo la clave de su funcionamiento y organización en el espacio está en la diversidad de plantas que cultivamos. Por ejemplo, en las milpas popolucas de la Sierra de Santa Marta en Los Tuxtlas, Veracruz, cuando se cultivan más de seis especies de plantas asociadas al maíz, las micorrizas colonizan cerca de 30% más a las raíces del propio maíz y le proveen de cuatro veces más fósforo. Aún falta mucho por entender, pero sabemos que las plantas asociadas al maíz en las milpas tradicionales ayudan a mantener una distribución en parches de cada especie de micorriza y esto permite que la comunidad funcione de manera eficiente. Este conocimiento es importante porque esclarece en parte por qué el monocultivo intensivo del que procede la mayor parte de nuestros alimentos produce cada vez menos y requiere cada vez más agroquímicos, con los que se busca sustituir artificialmente los servicios que naturalmente proveen los organismos del suelo.

A pesar de nuestra absoluta dependencia de ellos, en México sabemos muy poco sobre la biota del suelo, cómo se distribuye y las funciones que cumple. En el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (snib) de la conabio consultamos grupos taxonómicos que sabemos son importantes para los suelos como bacterias fijadoras de nitrógeno, hongos formadores de micorrizas y algunos invertebrados como anélidos, artrópodos e insectos. Los resultados reflejan lo poco que sabemos (ver panorama de datos de organismos del suelo disponibles en el snib). Entre otras posibles causas de la ausencia de datos está que hay colecciones cuyos datos no son accesibles a través de snib. La sistematización del conocimiento ya existente es, pues, una tarea necesaria que permitirá construir nuevos proyectos de investigación haciendo uso del conocimiento ya adquirido para no comenzar siempre preguntándonos qué especies habrá en la región.

La mayoría de los organismos que se colectan en el suelo son desconocidos para la ciencia y terminan catalogados como "no identificados" en las colecciones. Esto se debe a que su diversidad es inmensa, su

Milpiés en Santa María Chimalapa, Oaxaca.
Foto: © Miguel Ángel Sicilia

Colectando mesofauna







Fotos: © Maria Luisa Castillo

Para conocer parte de la fauna activa en muestras de suelo y hojarasca se usa el aparato Berlese-Tullgren, cuyo principio es que los organismos se mueven hacia abajo cuando se incrementa la temperatura y el suelo pierde humedad.

Las partes del aparato son:

Focos como fuente de calor, idealmente de 25 watts, suspendidos por encima de la muestra.

Cantidad conocida de hojarasca o suelo (250 g, por ejemplo) repartidos en embudos de 30 cm de diámetro.

Tamiz de 5 mm de abertura, para permitir que la fauna edáfica caiga en el frasco colector con líquido conservador, generalmente etanol a 70%.

El incremento de la temperatura debe ser gradual de 27°C hasta 40-45°C, para evitar que las especies que se mueven más lento queden atrapadas en las capas secas y duras del suelo. Las muestras se quedan en el aparato hasta que estén completamente secas, lo que tarda unos 8 días.

Fuente: Fátima M.S. Moreira, E. Jeroen Huising y David E. Bignell (editores). 2011. *Manual de biología de suelos tropicales: muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo.* Instituto Nacional de Ecología. Disponible en línea www.ine.gob.mx

identificación es difícil y no hay muchos especialistas; los estudiantes de biología encuentran poco atractivo dedicarse a la taxonomía de colémbolos y nematodos, o a la diversidad de las lombrices y los ácaros del suelo, e incluso tienden a dedicarse al estudio y la conservación de plantas o animales carismáticos y más cercanos a nosotros en la escala de su existencia.

Paradójicamente, los organismos del suelo que captan la atención de la investigación y sus patrocinadores son aquellos que se convierten en plagas de los cultivos. Es por ello que existe un sesgo importante hacia el estudio de nemátodos, ácaros y microorganismos parásitos. En virtud de estudiar lo que nos hace daño, hemos aprendido a valorar lo que nos hace bien: una comunidad de organismos del suelo diversa, bien estructurada y balanceada es una de las formas más efectivas de controlar los parásitos en el suelo. Para ello se requiere conocer mejor cómo funcionan las complejas redes de interacción trófica que hay en las comunidades del suelo que habitan ecosistemas naturales y transformados.

Cuando pises el suelo que nos sostiene, recuerda que nuestra vida depende de la increíble diversidad de organismos que habitan en él. Que sus funciones ecológicas y los servicios que nos proveen están siendo mermados por nuestras actividades y que no contamos aún con el suficiente conocimiento para dimensionar cómo nos afecta perder los suelos y su biota. Nuestra supervivencia y calidad de vida no sólo necesita agua y aire, requiere también que se conserve la vida bajo nuestros pies.

Bibliografía

Barois I., *et al.* 2011. "La biodiversidad en el suelo. Estudio de caso en la Sierra de Santa Marta (Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas Veracruz)", en *La biodiversidad en Veracruz. Estudio de Estado*, vol. i. México, conabio/Gobierno del Estado de Veracruz/Universidad Veracruzana/inecol, pp. 271-283.

Dance, A. 2008. "Soil ecology: What lies beneath", en *Nature* 455: 724-725.

Negrete Yankelevich S., Maldonado Mendoza, I.E., Lázaro Castellanos, J.O., Sangabriel Conde, W. y Martínez Álvarez, J.C. 2012. "Arbuscular mycorrhizal root colonization and soil P availability are positively related to agrodiversity in Mexican-maize polycultures", en *Biology and Fertility of Soils* (DOI 10.1007/s00374-012-0710-5).

Negrete-Yankelevich, S., Fragoso, C., Newton, A. y Heal, O.W. 2007. "Successional changes in soil, litter and macroinvertebrate parameters following selective logging in a Mexican Cloud Forest", en *Applied Soil Ecology* 35: 340-355.

Negrete-Yankelevich, S., Fragoso, C., Newton, A., Russell, G. y Heal, O.W. 2006. "Spatial patchiness of litter, nutrients and macroinvertebrates during secondary succession in a Tropical Montane Cloud Forest in Mexico", en *Plant and Soil* 286: 123-139.

[1] Red Ecología Funcional, Instituto de Ecología A.C.,
simoneta.negrete@inecol.edu.mx
isabelle.barois@inecol.edu.mx

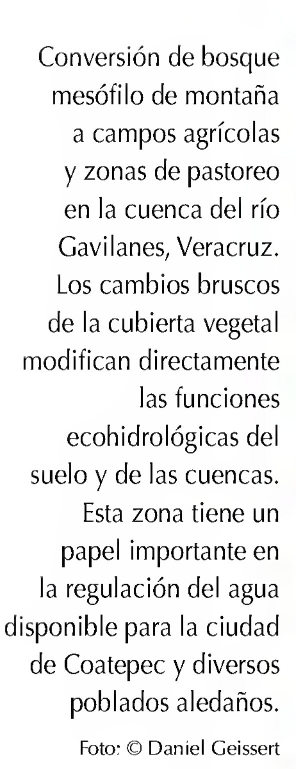


FUNCIONES ECOHIDROLÓGICAS DEL SUELO

y su importancia para la conservación y el desarrollo

DANIEL GEISSERT K.[1], ALBERTO GÓMEZ-TAGLE CH.[2], ALBERTO GÓMEZ-TAGLE ROJAS[2] Y MARIO GUEVARA SANTAMARÍA[3]





Conversión de bosque mesófilo de montaña a campos agrícolas y zonas de pastoreo en la cuenca del río Gavilanes, Veracruz. Los cambios bruscos de la cubierta vegetal modifican directamente las funciones ecohidrológicas del suelo y de las cuencas. Esta zona tiene un papel importante en la regulación del agua disponible para la ciudad de Coatepec y diversos poblados aledaños.

Foto: © Daniel Geissert

La ecohidrología es la rama científica que estudia el funcionamiento hidrológico de los ecosistemas, del ámbito de la planta al nivel de la cuenca. La hidroedafología, o hidropedología, es la disciplina que tiene como objeto de estudio específico el agua en el suelo, desde los poros microscópicos, los agregados o terrones, hasta los horizontes del suelo y su organización en el paisaje. Se le considera una ciencia "hermana" de la hidrogeología, pero enfocada en la parte no saturada del subsuelo. En consecuencia, la ecohidroedafología es la disciplina científica que estudia las interacciones y flujos hídricos entre la porción no saturada del subsuelo (suelo, roca intemperizada o roca consolidada), la vegetación, la cobertura del suelo y las variables climáticas y meteorológicas.

El desarrollo profundo y extenso de las raíces de las plantas y la acumulación de hojarasca forman en los suelos forestales una capa superficial muy rica en materia orgánica, que alberga a su vez una abundante biomasa de especies de invertebrados y pequeños vertebrados. Gracias a su acción y la de otros procesos naturales, la descomposición progresiva de estos residuos orgánicos incrementa la porosidad del suelo, el número y tamaño de macroporos (> 0.06 mm de diámetro) y, por ende, la conductividad hidráulica (o permeabilidad) del suelo. La hojarasca extendida en la superficie del suelo también disipa la energía de impacto de las gotas de lluvia y facilita la infiltración del agua. Al mismo tiempo, el alto contenido de materia orgánica aumenta la estabilidad de los agregados del suelo (pequeños terroncitos), previene su destrucción por erosión y restringe la consecuente formación de costras mecánicas, susceptibles de sellar la superficie del suelo y disminuir su capacidad de absorber agua.

Generalmente, los suelos de bosques con su mantillo, a diferencia de aquellos dedicados al uso agrícola o ganadero, permiten que el agua se infiltre en gran-

des cantidades, lo cual reduce el riesgo de erosión. Se presentará un escurrimiento superficial únicamente cuando la precipitación sobrepase la capacidad de infiltración del suelo y sólo durante los eventos de lluvia más intensos. En muchos tipos de vegetación, tanto de ambientes semiáridos como en bosques lluviosos, los árboles funcionan como embudos vivos: la copa, las ramas y las hojas interceptan el agua de lluvia y la dirigen hacia el tronco. Entonces el agua se concentra en la base del árbol y, al momento de llegar al suelo, puede representar una cantidad de agua hasta 150 veces superior a la que caería directamente por precipitación.

Por su parte, el sistema radicular profundo y bien desarrollado de los bosques maduros extrae con eficiencia del suelo el agua necesaria para el crecimiento de los árboles. En consecuencia, éstos transpiran más agua que otras cubiertas vegetales o usos del suelo. Al mismo tiempo, el sistema radicular, amplio y extenso, funciona como una vía rápida de infiltración del agua de lluvia previamente concentrada por el tronco. En consecuencia y aunado al considerable almacenamiento de agua en el suelo, la generación de escorrentía superficial en los bosques tiende a ser mucho menor que en ambientes de pastizal, agrícolas o urbanizados. A diferencia de estos últimos, los ambientes boscosos desfasan temporalmente el flujo de tormenta en los ríos y arroyos, y controlan así las crecidas y administran el agua disponible durante la temporada de estiaje.

Los mismos factores que promueven la infiltración, el flujo subsuperficial, la retención y el almacenamiento de agua en las capas del suelo, también regulan los flujos de sedimentos y de nutrimentos al aminorar la erosión en superficie. Los arroyos y ríos que drenan las zonas boscosas presentan a menudo cauces en un estado de equilibrio geomorfológico casi estable, con bajas concentraciones de nutrimentos y contaminantes, y con altos niveles de interacción entre la vegetación riparia y los cauces. La biodiversidad acuática resultante es generalmente más abundante en estos ríos que en aquellos que atraviesan zonas con otros usos del suelo. Los suelos forestales son fundamentales para el adecuado funcionamiento hidrológico de las cuencas y la producción de agua limpia. A pesar de ser considerados como un recurso natural no renovable, los suelos son esenciales para la vida, al igual que el agua y el aire.

Gran parte del conocimiento actual sobre los flujos de agua en los suelos y las cuencas fue logrado gracias a la colaboración entre edafólogos e hidrólogos, durante décadas. Sin embargo, persisten todavía importantes vacíos científicos relacionados con el funcionamiento ecohidroedáfico de las cuencas, en aquellos relacionados con el flujo preferencial, el flujo subsuperficial, la repelencia, los mecanismos de erosión y de movimientos gravitacionales a diferentes escalas, por lo que es impostergable reforzar la sinergia entre estudiosos del agua, del suelo y del clima (edafólogo, hidrólogo, geomorfólogo, meteorólogo), cuya colaboración será fundamental para el avance en el conocimiento de la ecohidroedafología los próximos 50 años. Esto es particularmente cierto en la expectativa de los nuevos desafíos relacionados con el cambio climático.



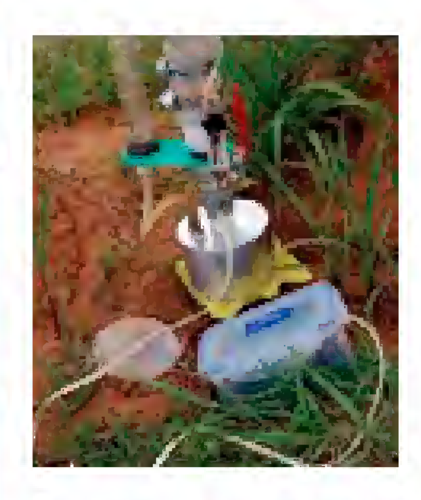
Suelo erosionado típico del centro de México. Debido a la intensificación de las actividades humanas, los suelos se compactan y el agua de lluvia se escurre en la superficie en lugar de infiltrarse. La erosión en cárcavas es resultado extremo de la degradación de las funciones ecohidrológicas del suelo.
Foto: © Daniel Geissert

Algunos de los efectos esperados del cambio climático incluyen la modificación de los patrones térmicos y de precipitación. Se anticipan incrementos de temperatura en algunas áreas y decrementos en otras; se esperan asimismo mayores precipitaciones anuales en sitios de latitudes altas, mientras que en latitudes intertropicales la expectativa es la disminución de la precipitación global anual, pero con incremento en la intensidad media de las precipitaciones. Es de esperar que el cambio climático modifique los patrones evolutivos del suelo por medio de los cambios en las tasas de denudación/generación de suelo, cambios en las comunidades vegetales y cambios en los ciclos de humectación-desecación. En el primer caso, la intensidad del cambio de los patrones de precipitación-sequía repercutirá en los patrones erosivos del suelo. Sequías prolongadas podrán cambiar la cubierta vegetal, disminuyendo así la protección que brinda al suelo respecto del impacto de las gotas de lluvia o a la acción de la escorrentía sobre la superficie. Esta reducción de la vegetación ocasionará un menor aporte de materia orgánica, por lo que los agregados del suelo podrían volverse inestables y, junto con precipi-

Infiltrómetros de tensión con sus unidades de automatización para medir la infiltración y la conductividad hidráulica no saturada del suelo superficial, en forma continua. Con este modelo de bajo costo se logra la cuantificación precisa de una de las funciones ecohidrológicas del suelo.

Fotos: © Alberto Gómez-Tagle Ch.









taciones intensas, hacer que los suelos sean más erosionables. La desecación excesiva de algunos suelos, por otro lado, puede provocar reacciones químicas no reversibles en sus constituyentes. Por ejemplo, la deshidratación por debajo de un valor umbral de los minerales no cristalinos (alofanos) en los suelos volcánicos –dominantes en el centro de México– favorece la precipitación de minerales cristalinos muy simétricos (como las arcillas), los cuales tienen una menor capacidad de retener y almacenar agua disponible para la vegetación. Estos cambios también están asociados a la estructura del suelo: cuando ésta cambia, por ejemplo de granular o microgranular a bloques, se reduce la permeabilidad de estos suelos y se incrementa su resistencia a la penetración, lo cual limita el espacio disponible para el desarrollo y crecimiento de las raíces. Al disminuir la permeabilidad general del sustrato, se compromete la funcionalidad hidrológica de estos sistemas y su capacidad de proveer servicios ecosistémicos o servicios ambientales, tales como la producción de agua limpia y la recarga de acuíferos.

En las últimas décadas, se ha observado un espectacular aumento en la preocupación por la evaluación y valoración de las funciones, bienes y servicios de los ecosistemas. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la información existente sobre el funcionamiento del componente edáfico, su capacidad de regular el ciclo hidrológico y las variables que controlan sus procesos, es escasa. Entender la gran complejidad funcional ecohidrológica de los suelos en los escenarios naturales y perturbados en México es un reto formidable. De que asumamos este reto, trabajemos para incrementar nuestro conocimiento en este tema y seamos capaces de generar información útil para la toma de decisiones, dependerá la conservación de estos sistemas y su capacidad futura para proveer de manera sustentable los bienes y servicios que generan.

Bibliografía

Almorox Alonso J., López Bermudez, F. y Rafaelli, S. 2010. *La degradación de los suelos por erosión hídrica. Métodos de estimación*. Murcia, Edit.um, Universidad de Murcia.

Gómez Tagle Ch., A.,Geissert, D., Pérez Maqueo, O., Marín Castro, B. y Rendón López, B. 2011. "Saturated hydraulic conductivity and land use change, new insights to the payments for ecosystem services programs: a case study from a tropical montane cloud forest watershed in eastern central Mexico", en O. Dikinya (Ed.). *Developments in Hydraulic Conductivity Research*. InTech Publisher (Open Access Publisher), pp. 225-248.

Lin, H. (Ed.). 2012. Hydropedology. Synergistic integration of soil science and hydrology. Academic Press, Elsevier.

Meza, P.E. y Geissert, D. 2006. "Estabilidad de estructura en Andisoles de uso forestal y cultivados", en *Terra Latinoamericana* 24(2): 163-170.

Muñoz Villarreal, C. 2005. *Bienes y servicios ambientales en México: caracterización preliminar y sinergias entre protección ambiental, desarrollo del mercado y estrategia comercial*. Santiago de Chile, cepal/gtz/Naciones Unidas, Serie Medio Ambiente y Desarrollo núm. 119.

Neary, D.G., Ice, G.G. y Rhett Jackson, C. 2009. "Linkages between forest soils and water quality and quantity", en *Forest Ecology and Management* 258: 2269-2281.

[1] Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología, A.C. (inecol) daniel.geissert@inecol.edu.mx

[2] Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. alberto.gomeztagle@gmail.com dr.alberto.gomez.tagle@gmail.com

[3] conabio, mguevara@conabio.gob.mx



LA DIVERSIDAD DE LOS DATOS SOBRE LOS SUELOS DE MÉXICO:
perfiles y clases, escalas y modelos continuos

MARIO GUEVARA, CLAUDIA AGUILAR, CARLOS ARROYO,
FABIOLA GONZÁLEZ Y JORGE LARSON[1]

Para estudiar los suelos la manera convencional de obtener información consiste en excavar un pozo y describir con precisión uno de sus perfiles o caras: caracterizarlo en campo y tomar muestras para analizar sus propiedades en el laboratorio. Sin embargo, las técnicas de campo evolucionan y podemos usar los avances en la percepción remota y sensores de proximidad.

El levantamiento de perfiles genera datos cuantitativos y cualitativos acerca de una unidad de suelo o pedón, de la profundidad y las propiedades de los diferentes horizontes o capas y sus interacciones. La clase de suelo que puede encontrarse en cierto lugar depende de los factores de formación: el tipo de rocas o material parental, su posición en el relieve, el clima promedio, su oscilación anual y eventos extremos; la historia milenaria de la vegetación y la actividad biológica; así como la configuración pasada y actual del uso productivo del territorio. Las múltiples combinaciones de estos factores en nuestro país han creado un rico mosaico de suelos. El color es una expresión de esta diversidad, pero lo importante es que difieren entre ellos en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, que resultan de diferentes procesos de formación.

Las variables que influyen en la conformación de un suelo pueden representarse temporal y espacialmente a diversas escalas desde el nivel global hasta el local tomando en cuenta periodos largos o relativamente cortos. Por ejemplo, el transporte y transformación de los materiales puede ser un proceso milenario y regional; el cambio de uso del suelo de forestal a agricultura es una variable de acción rápida y local. Para entender la funcionalidad ecológica actual de cada componente de un cierto paisaje, así como los riesgos y potenciales de una actividad productiva particular, debemos contar con datos e información suficientes sobre los suelos. De esta manera, éstos se consideran en el análisis de los ecosistemas como el principal soporte de la vegetación y de la dinámica hidrológica.

El conocimiento acerca de los suelos, como recurso estratégico de México, es el resultado del trabajo de centenares de edafólogos a lo largo de décadas. Contamos con cartografía 1:250 000 en formato poligonal con 23 clases y 77 tipos de suelos; asociados a este monumental trabajo hay más de 30 000 perfiles por todo el territorio nacional y cerca de la mitad cuenta con datos de laboratorio. El Instituto Nacional

INTEGRACIÓN DE DATOS ESPACIALES

Suelos de México

Puntos y polígonos

Visualización sin procesar de datos de profundidad del suelo. INEGI. Series I y II de Suelos. 16 061 mediciones en 9537 sitios tomadas entre 1985 y 2003. Un punto georreferenciado por perfil de suelo.

Inventario Nacional Forestal y de Suelos. CONAFOR. 13 932 datos de profundidad del suelo levantados entre 2006 y 2012.

INEGI. 2000 Serie I de Suelos. Texturas asociadas a polígonos por clase y tipo de suelo. Escala 1:250000.

Modelo Digital de Elevación

Atributos primarios y derivados

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer). Resolución espacial de 30 m. Altitud y pendiente son atributos primarios del MDE. La pendiente es la tasa de cambio de la elevación con relación a una superficie y por efecto de la gravedad en el transporte de materiales tiende a explicar ciertas propiedades del suelo. El ITH expresa la relación entre el relieve y la acumulación de agua en el suelo. Valores bajos del índice indican poca o nula humedad edáfica; en el otro extremo, posiciones topográficas que permiten acumular mayor humedad y en las que el horizonte superfical suele ser más profundo y mayor el contenido de materia orgánica, limo y arena.

Covariables dinámicas

Variables climáticas y uso del suelo derivado de percepción remota

UNIATMOS (Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales del Centro de Ciencias de la Atmósfera). Resolución espacial: 926m.

NALCMS (North American Land Change Monitoring System). Formato Raster, combinación de bandas 1-7. Resolución espacial: 250m

Profundidad del suelo (cm)
0 - 30
31 - 60
61 - 90
91 - 120
>121

Profundidad de suelos forestales (cm)
0 - 30
31 - 60
61 - 90
91 - 120
>121

Texturas
fina
media
gruesa

Altitud
5250
4500
3750
3000
2250
1500
750
0

Pendiente
35
30
25
20
15
5
0°

Índice topográfico de humedad
12
9
6
3
0

Promedio mensual de precipitación acumulada
400
300
200
100
0 mm

Temperatura media anual
17
12
7
2°C

Cobertura del suelo con base en sensor MODIS

de Estadística y Geografía (inegi) planea actualmente la siguiente serie cartográfica de los suelos de México. La Comisión Nacional Forestal, por su parte, cuenta con un Inventario Nacional Forestal y de Suelos, en el cual cerca de 20 000 sitios permanentes son visitados cada cinco años por cuadrillas de técnicos forestales y en los que se toman datos básicos cuantitativos de la vegetación y los suelos.

Aunque numerosos, los datos disponibles no son suficientes para generar conocimiento sobre los suelos que sea relevante a nivel local, como planear las actividades productivas en un ejido.

Ilustraremos la diversidad de suelos a nivel local por medio de seis perfiles excavados en el territorio de San Nicolás Totolapan al sur del Valle de México. Aquí, las dos principales fuerzas que han formado el paisaje han sido la actividad volcánica y las glaciaciones. En este contexto geológico, las características del suelo en cada sitio dependerán básicamente de la posición en el relieve, el clima, la vegetación y la dinámica del uso del suelo.

Dada la complejidad del territorio nacional y la necesidad de contar con información relevante sobre los suelos y su potencial productivo, requerimos una estrategia para inferir las propiedades de un suelo en sitios que no conocemos: el mapeo digital de suelos es una opción, que tiene como fundamento la correlación que existe entre los suelos de un lugar y los factores de formación o degradación, que podemos representar mediante covariables ambientales. En estos sistemas de inferencia espacial se tiene como base a los datos georreferenciados de las propiedades de los suelos en diferentes profundidades y mapas continuos o *raster* de las covariables. Esto nos permite modelar dichas propiedades en el espacio estadístico o matemático y luego expresar el resultado espacialmente. Los mapas digitales son representaciones espaciales de modelos, es decir, son predictivos y su valor real depende de la calidad y resolución de los datos y las covariables, así como de la fortaleza de su correlación. En el sistema de inferencia espacial se requiere capacidad para implementar diversos modelos de acuerdo con la propiedad del suelo que se haya elegido. Estos modelos proveen un contexto cuantitativo, continuo, de precisión y error conocido. Entre la escala nacional y la inmensa variación de las condiciones locales hay una escala media o regional que abordaremos más adelante. La iniciativa del mapa digital global de suelos busca generar cartografía continua para toda la superficie terrestre en resolución de 100 metros, acerca de la textura, pH, conductividad eléctrica, profundidad y contenido de carbono orgánico, entre otras variables.



Perfiles de los suelos volcánicos de San Nicolás Totolapan

En el horizonte superficial de los suelos de bosques hay hojarasca y otros restos de plantas que bacterias, hongos, larvas y lombrices, entre otros organismos, degradan formando humus que aporta una coloración oscura, en este caso, mezclado con cenizas volcánicas negras. En los horizontes superficiales ocurre la mayor parte de la actividad biológica del suelo ya que hay suficiente luz, agua, aire y materia orgánica.

En el horizonte inferior, orgánico y mineral se observan pequeñas raíces de hierbas y pastos, mientras que a mayor profundidad llegan las raíces gruesas, largas y leñosas de los árboles. A pesar de que estos suelos se derivaron de materiales geológicos similares, hay diferencias de coloración, estructura y textura que indican diferentes procesos evolutivos. Al aumentar la profundidad, los horizontes son más claros y aumenta la cantidad de roca triturada, resultado de arrastres glaciales de hace milenios; también encontramos arenas y gravas derivadas del transporte y deposición de materiales volcánicos, así como capas cenizas negras producto de erupciones del volcán Xitle.

En el suelo agrícola, las manchas oscuras regulares son una combinación de cenizas negras y materia orgánica, debido a que la labranza revuelve los materiales superficiales para mejorar las condiciones para el desarrollo de los cultivos.

En el caso del primer pastizal en ladera, donde antes hubo bosque y posteriormente campo de cultivo –a pesar de que los pastos son plantas de escasa altura– se observa alta densidad de raíces a más de un metro de profundidad.

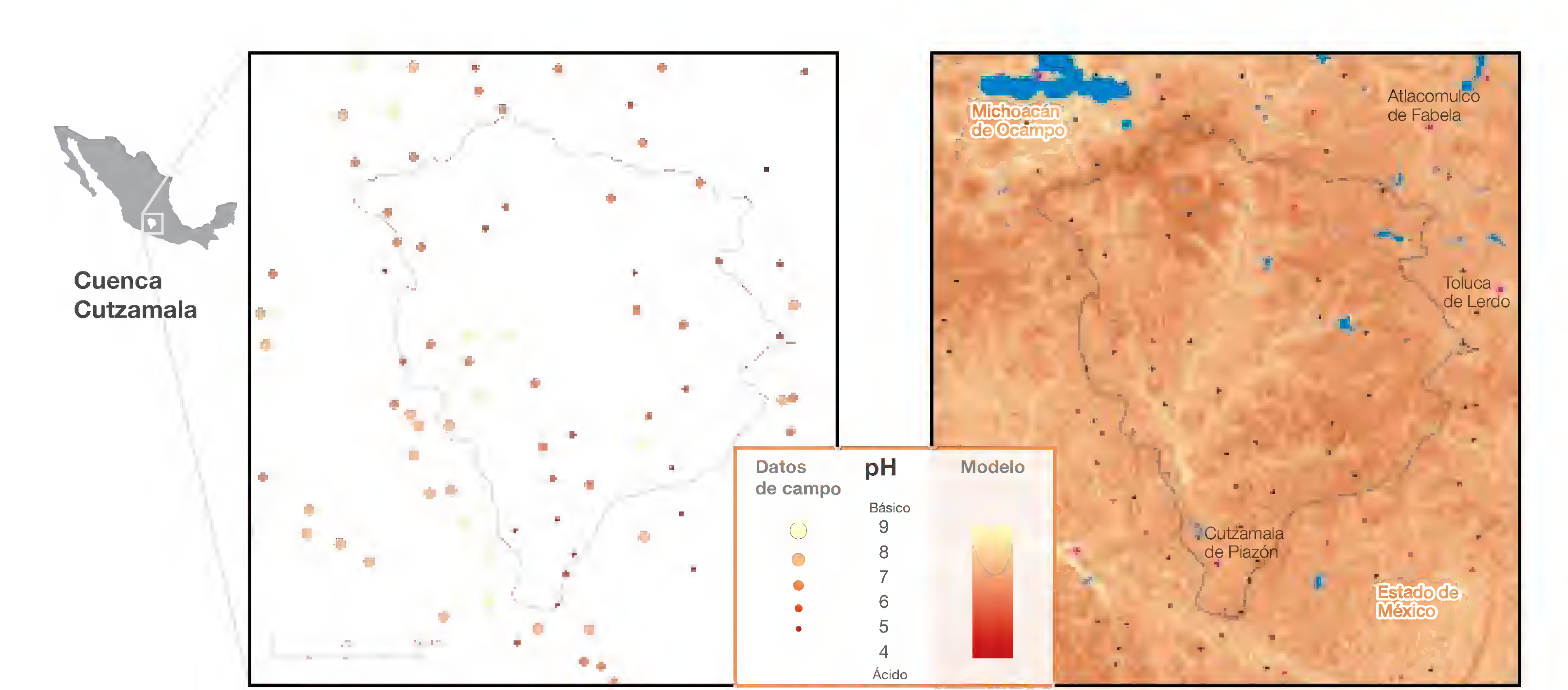
Los materiales que forman un suelo pueden llegar de otro lugar mediante la acción del agua, el viento y la gravedad y formar depósitos importantes, lo cual refleja el efecto que el relieve tiene



sobre la formación de suelos. Los horizontes o capas del suelo pueden ser irregulares y variables, como se aprecia en el perfil de suelo, en el caso del pastizal en valle intermontano, donde hay capas de ceniza negra intercaladas con arena volcánica arrastrada y depositada en el lugar. En este caso, a pesar de que se excavó hasta dos metros de profundidad, no se halló roca alguna.

Mosaico de fotografías de perfiles de suelos del ejido San Nicolás Totolapan, Ajusco, en la delegación Magdalena Contreras del Distrito Federal, México. Fotos: © Iván Montes de Oca

Agradecemos al ejido, ejidatarios y personal del Parque Ejidal San Nicolás Totolapan: Salvador Pérez, Fidel Camacho Gallego, Jorge Gallegos Monroy, Genaro Camacho Gallegos y Fernando Camacho Chavero. http://www.parquesannicolas.com.mx/

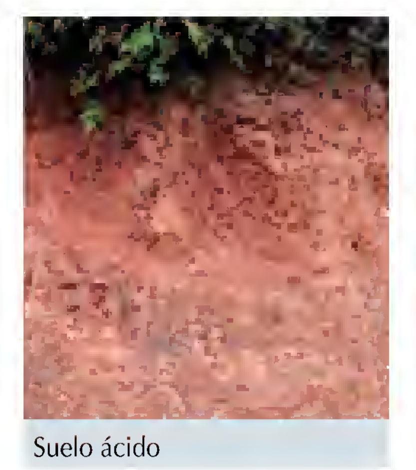


Mapa digital acerca de la acidez superficial de suelo en la cuenca del río Cutzamala. Con base en 103 datos de pH tomados en campo por inegi y la matriz de covariables ambientales a 1 km de resolución, se aplicó un modelo lineal de regresión múltiple que permite contar con un mapa para una zona de casi dos millones de hectáreas. Se distinguen áreas con pH ácido en zonas templadas de origen volcánico típicas del centro de México y, en contraste, áreas de acumulación de sales con pH básico, como el lago de Cuitzeo al noroeste de Cutzamala y los cauces principales de la cuenca que se dirigen a la depresión del río Balsas y recorren ambientes sedimentarios y metamórficos.

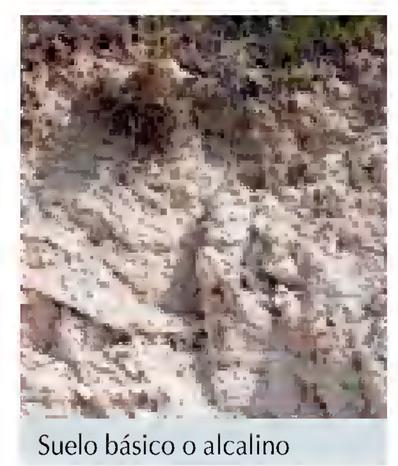
Mapas: © Coordinación de Conocimiento para el Uso de la Biodiversidad, conabio

Fotos: © Gérard Chiffert

En la construcción de un sistema de información para el monitoreo de la calidad de los suelos y los bienes públicos que proveen en forma de servicios ambientales, México requiere un enfoque que funcione en diferentes escalas y que sea plural en su visión de la sustentabilidad en los territorios y en los ecosistemas más o menos modificados por las actividades humanas. Desde la perspectiva del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de la conabio, estamos contribuyendo con la integración de información acerca de los suelos y sus covariables ambientales, incluyendo datos patrimoniales o históricos, acumulados por décadas. Consideramos importante aprovechar nuevos sensores para obtener datos relevantes con menor costo, generar cartografía de suelos a mayor escala o resolución y validarla de manera articulada con las estrategias de monitoreo de ecosistemas a nivel local. Los suelos sustentan las actividades forestales, agrícolas y pecuarias y son estratégicos en la funcionalidad de los ecosistemas. Debemos abordar el reto de conocer mejor este capital natural y valorar de manera integral su relación con el agua dulce y con el potencial productivo de cada territorio.



Suelo ácido



Suelo básico o alcalino

Bibliografía

Boettinger, J. 2010. Cap. 2. "Environmental Covariates for Digital Soil Mapping in the Western USA˝ en J.L. Boettinger et *al.* (Eds.). *Digital Soil Mapping, Progress in Soil Science* 2, Springer.

Cotler, H. y M. P. Ortega-Larrocea, 2006. "Effects of land use on soil erosion in a tropical dry forest ecosystem, Chamela watershed, Mexico", en *Catena*, 65: 107-117.

Globalsoilmap.net; a new digital soil map of the world. Digital Soil Mapping Working Group of the International Union of Soil Sciences (IUSS). 2012. www.globalsoilmap.net.

Grunwald, S., McBratney, A., Thompson, J., Minasny, B. y Boettinger, J., 2012. *Digital soil mapping in a changing world*. Fifth Global Workshop on Digital Soil Mapping. Sydney, Australia.

Hengl, T. 2009. *A practical guide to geostatistical mapping*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Jenny, H. 1941. *Factors of soil formation: a system of quantitative pedology*. McGraw Hill Book Company Inc., 288 p.

Krasilnikov, P., Jiménez Nava, F., Reyna Trujillo, T., García Calderón, N. (Eds.). 2011. *Geografía de los suelos de México*. México, unam, Facultad de Ciencias, 462 p.

Lagacherie, P., McBratney, A.B. y Voltz, M. (Eds.). 2007. "Digital Soil Mapping. An Introductory Perspective", en *Developments in Soil Science*, volumen 31.

McBratney, A.B., Santos, M.L.M. y Minasny, B. 2003. "On digital soil mapping", en *Geoderma* 117:3-52.

Ortiz Villanueva, B.†, Ortiz Solorio, C.A. 1987. *Edafología*. 6a edición. México, Universidad Autónoma Chapingo, 372 p.

White, Sidney E. 1990. *El Ajusco: geomorfología volcánica y acontecimientos glaciales durante el Pleistoceno Superior y comparación con las series glaciales mexicanas y las de las Montañas Rocallosas*. México. inah, Serie Investigaciones 6, pp. 77.

* Coordinación de Conocimiento para el Uso de la Biodiversidad, conabio.
usobiodiv@conabio.gob.mx

Nuevo cartel

www.biodiversidad.gob.mx/Difusion/carteles/carteles.html

Maíces mexicanos

El maíz es patrimonio biológico, agrícola, cultural y económico de México

Nueva página web Teocintles

Descripción y distribución

www.biodiversidad.gob.mx/usos/maices/teocintle2012.html



Fotografía: María del Carmen Loyola Blanco

Los teocintles son los parientes silvestres del maíz. Son los antecesores directos de los cuales se domesticó el maíz como cultivo por lo antiguos habitantes de Mesoamérica.

Nueva página web Razas de maíces de México

Descripción y distribución

www.biodiversidad.gob.mx/usos/maices/razas2012.html

Grupo

- Cónico
- Sierra de Chihuahua
- Ocho hileras
- Chapalote
- Tropicales precoces
- Dentados tropicales
- Maduración tardía

Fotografías: Beatriz Rendón Aguilar, José Alfredo Carrera Valtierra, Rafael Ortega Paczka, Víctor Antonio Vidal Martínez, Cecilio Mota Cruz

Nueva página web Identificación de tortugas marinas

www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/animales/reptiles/tortugas/identificacion_tortugas.html



Las figuras de las tortugas marinas se reproducen con permiso del Grupo Especializado en Tortugas Marinas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (iucn-mtsg.org). Versión original de ilustraciones blanco y negro, de Tom McFarland. Ilustraciones a color, Marco A. Pineda.



El sitio que promueve la afición por la fotografía de la naturaleza, da a conocer en este espacio la imagen ganadora del mes de julio de 2012 y a su autor.



¡Tú también puedes participar! Visita
www.mosaiconatura.net



Nombre: Fernando Constantino Martínez Belmar

Trayectoria profesional: Nació en Mérida, Yucatán, donde cursó sus primeros estudios y se desarrolló en condiciones y ambientes naturales que le permitieron descubrir a muy temprana edad su gusto por la naturaleza. Estudió la licenciatura en Biología en la Universidad de las Américas Puebla y durante ese periodo descubrió su pasión por la fotografía de naturaleza. Desde entonces, Fernando ha llevado a cabo estudios de fotografía y actualmente es colaborador en la asociación "Barro Jaguar: fotografía y conservación", esto le ha aportado conocimiento en su actividad como fotógrafo de naturaleza. Su principal deseo es dar a conocer a través de sus fotografías la extraordinaria riqueza natural de México y del mundo, y con ello promover el respeto y contribuir a la conservación del medio ambiente.

Contacto: martenis_fer@hotmail.com

Anfibios y reptiles de las montañas de Jalisco: Sierra de Quila

Hoy día, anfibios y reptiles constituyen dos de las clases de vertebrados más vulnerables a la desaparición, provocada por diversas actividades humanas que, de una manera u otra, modifican las condiciones originales de los ecosistemas. Los anfibios son quizá el ejemplo más dramático por su alta tasa de extinción reciente. Suma en la actualidad unas 6925 especies conocidas, sin embargo en los últimos 20 años se estima que se han extinguido alrededor de 170 especies del medio silvestre producto de la destrucción, alteración y/o fragmentación de su hábitat, la introducción de especies exóticas, sobreexplotación, cambio climático y enfermedades infecciosas. Los reptiles también están en problemas, pero su amenaza mayor es el posible cambio climático global. El propósito de esta obra es dar a conocer la diversidad biológica de la región y crear conciencia en la población (tanto local como en los visitantes de esta Área de Protección de Flora y Fauna) de la importancia de estos animales para el balance natural de los ecosistemas. Más que una guía de campo, es una invitación a conocer la diversidad de formas y colores de ranas, sapos, salamandras, tortugas, lagartijas y serpientes presentes en esta región poco conocida de México. Es una coedición de la Universidad de Guadalajara, conabio, Coatzin y la Sociedad Herpetológica Mexicana.



La misión de la conabio es promover, coordinar, apoyar y realizar actividades dirigidas al conocimiento de la diversidad biológica, así como a su conservación y uso sustentable para beneficio de la sociedad.

Sigue las actividades de conabio a través de Twitter y Facebook





Los artículos reflejan la opinión de sus autores y no necesariamente la de la conabio. El contenido de *Biodiversitas* puede reproducirse siempre que se citen la fuente y el autor. Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor: 04-2005-040716240800-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13288. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 10861.

editor responsable: Fulvio Eccardi Ambrosi
diseño: Renato Flores y Susana Pérez
cuidado de la edición: Adriana Cataño y Leticia Mendoza
producción: Gaia Editores, S.A. de C.V.
impresión: Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V.

fulvioeccardi@gmail.com • biodiversitas@xolo.conabio.gob.mx
comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad
Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Tlalpan 14010 México, D.F.
Tel. 5004-5000, fax 5004-4931, www.conabio.gob.mx Distribución: nosotros mismos